

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

**ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН  
ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ  
И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ЕГО ВЫПОЛНЕНИЮ**  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

УТВЕРЖДЕНО  
редакционно-издательским  
советом университета,  
протокол № 2 от 17.06.05 г.

**Харьков НТУ «ХПИ» 2005**

**Теория механизмов и машин.** Задания на курсовой проект и методические указания по его выполнению для студентов машиностроительных специальностей/ Сост. Н. А. Ткачук, А. А. Зарубина, Г. А. Кротенко и др. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2005. – 40 с. – Рус. яз.

Составители: Н. А. Ткачук  
А. А. Зарубина  
Г. А. Кротенко  
В. Б. Зеленский  
И. Я. Храмцова

Рецензент С. Н. Воронцов

Кафедра теории и систем автоматизированного проектирования механизмов и машин

## СОДЕРЖАНИЕ

Вступление .....	4
1. Структурный анализ главного механизма .....	5
2. Кинематическое исследование главного механизма .....	5
3. Зубчатый механизм .....	7
4. Силовой расчет главного механизма .....	9
5. Выбор электродвигателя .....	13
6. Исследование движения машинного агрегата под действием заданных сил .....	14
7. Синтез кулачкового механизма .....	17
8. Оформление пояснительной записки и чертежей .....	19
9. Защита проекта .....	20
Список литературы .....	20
Приложение А. Задания на курсовой проект.....	22
Приложение Б. Законы изменения аналога ускорения толкателя кулачкового механизма на фазе удаления.....	32
Приложение В. Инструкция по работе с программой kin.exe для выполнения кинематического исследования механизма на ЭВМ.....	33

## **ВСТУПЛЕНИЕ**

*Цель* курсового проекта – закрепление и углубление теоретических знаний путем самостоятельного решения комплексной задачи исследования машины. Проект включает структурное, кинематическое, силовое исследование главного механизма машины, кинематический анализ и синтез зубчатой передачи, синтез кулачкового механизма, выбор приводного электродвигателя, а также исследование установившегося движения машинного агрегата под действием заданных сил.

В этой работе приведены задания, тематика которых основана на конкретном материале, взятом из практики заводских конструкторских бюро, т.е. исходные данные для расчета приняты с учетом реальной метрики и нагрузок.

При выполнении курсового проекта используются учебники и учебные пособия, указанные в списке литературы.

В методических указаниях приведены варианты заданий на курсовой проект (прил. А). Каждый вариант задания имеет шесть числовых вариантов. Номера варианта задания и числового варианта выдаются преподавателем.

Ниже приводятся наименования разделов курсового проекта, описание содержания этих разделов и методические указания к их выполнению. В пояснительной записке к курсовому проекту должны

быть все приведенные разделы и подразделы, причем они должны иметь ту же нумерацию, что и в данных методических указаниях.

Каждый раздел курсового проекта может выполняться как с использованием ЭВМ и библиотеки процедур, разработанной на кафедре, так и без использования ЭВМ. Какие разделы должны быть выполнены с использованием ЭВМ, указывает преподаватель. Инструкция по использованию ЭВМ приведена в прил. В.

Требования к содержанию и объему каждого раздела проекта приводятся в методических указаниях в двух вариантах: с использованием ЭВМ при выполнении данного раздела и без использования ЭВМ.

Курсовой проект по ТММ включает в себя графическую часть (4 листа форматом А1) и пояснительную записку 25–30 с. рукописного текста (форматом А4). В графическую часть проекта включают все построения, выполненные в масштабе, а в пояснительную записку – расчеты и пояснения, связанные с выполнением проекта.

## **1. Структурный анализ главного механизма**

Построить в пояснительной записке структурную схему механизма. Выделить структурные группы, определить их класс и вид, последовательность их наложения на исходную цепь.

## **2. Кинематическое исследование главного механизма**

### ***2.1. Выполнение первого этапа кинематического исследования графоаналитическим методом***

Начертить на листе 1 форматом А1 планы положений механизма для 13 положений кривошипа. Первое положение механизма должно соответствовать началу рабочего хода, а при построении каждого следующего положения кривошип поворачивается на  $30^\circ$  от предыдущего положения. Два положения механизма, которые

согласовывают с руководителем проекта, начертить основными (толстыми) линиями с условным изображением всех кинематических пар. Остальные положения чертят тонкими линиями. Кроме полученных таким образом 12 положений, тонкими линиями рисуют второе крайнее положение, соответствующее окончанию рабочего хода.

Планы положений строят в масштабе  $\mu_l$ , м/мм;  $\mu_l = l_{OA} / OA$ , где  $OA$  – длина отрезка, изображающего кривошип на плане положений.

## ***2.2. Выполнение второго этапа кинематического исследования графоаналитическим методом***

Для всех 13 положений механизма построить на листе 1 планы скоростей и ускорений. Полюс плана скоростей обозначить буквой  $P_i$ , а полюс плана ускорений –  $\pi_i$ , где  $i$  – номер положения механизма, для которого они построены.

Планы скоростей и ускорений должны определять скорости и ускорения всех исследуемых точек: шарниров и точек на направляющих, совпадающих с шарнирными, а также центров масс звеньев, положения которых указаны в задании.

Используя построенные планы скоростей и ускорений, вычислить угловые скорости и угловые ускорения звеньев.

Модули скоростей всех исследуемых точек и угловые скорости звеньев с учетом их знаков, а также модули ускорений тех же точек и угловые ускорения звеньев также с учетом их знаков привести в таблице [7, с. 12, табл. 4].

## ***2.3. Выполнение второго этапа кинематического исследования с использованием ЭВМ***

Используя программу kin.exe (прил. В), рассчитать кинематические параметры механизма.

Значения величин, найденных в результате расчетов на ЭВМ привести в таблице [7, с. 11, табл. 3].

## **2.4. Построение графиков по результатам кинематического исследования**

Построить графики перемещения, скорости и ускорения выходного звена, а также графики угловой скорости и углового ускорения звена 3. Графики строят в функции угла поворота кривошипа на интервале полного оборота. Принять по оси абсцисс масштаб  $\mu_\varphi = 2$ , град/мм. Масштабы остальных величин указать около соответствующих осей.

Допускается совмещение графиков по оси абсцисс.

На кинематической схеме для двух согласованных с руководителем положений показать направления угловых скоростей и угловых ускорений звеньев.

## **3. Зубчатый механизм**

### **3.1. Определение общего передаточного отношения зубчатой передачи**

Общее передаточное отношение зубчатой передачи

$$i_{об} = \frac{\omega_d}{\omega_1},$$

где  $\omega_d$  и  $\omega_1$  – угловые скорости ротора электродвигателя и кривошипа.

Предварительно определить передаточное отношение планетарной передачи, записать выражение для передаточного отношения одноступенчатой передачи и учесть, что  $i_{об} = i_{п} \cdot i_{пл}$ , где  $i_{п}$  и  $i_{пл}$  – соответственно передаточные отношения одноступенчатой и планетарной передач.

Определить неизвестное число зубьев одного из зубчатых колес из условия обеспечения общего передаточного отношения.

Проверить выполнение условий соосности, сборки и соседства для планетарной передачи. Считать, что число блоков сателлитов равно трем.

### **3.2. Геометрический расчет зубчатого зацепления**

Произвести геометрический расчет зубчатого зацепления, образованного двумя зубчатыми колесами одноступенчатой передачи  $z_4-z_5$ . Установить значения основных геометрических параметров зацепления по данным, приведенным в задании, считая, что указанные зубчатые колеса являются цилиндрическими эвольвентными прямозубыми, нарезанными стандартным реечным инструментом. Для зубчатых колес с числом зубьев меньше 17 коэффициент смещения рейки определить как минимальный, при котором отсутствует подрез. Для остальных зубчатых колес этот коэффициент принять равным нулю.

### **3.3. Расчет коэффициента перекрытия**

Рассчитать коэффициент перекрытия по формуле

$$\varepsilon_{\alpha} = \frac{\sqrt{r_{a4}^2 - r_{b4}^2} + \sqrt{r_{a5}^2 - r_{b5}^2} - a_w \sin \alpha_w}{\pi m \cos \alpha_0}.$$

Параметры, входящие в эту формулу, рассчитываются в подразд. 3.2.

### **3.4. Расчет коэффициентов удельного скольжения**

Рассчитать коэффициенты удельного скольжения по формулам:

$$\vartheta_4 = 1 - |i_{54}| \frac{\rho_5}{\rho_4}; \quad \vartheta_5 = 1 - |i_{45}| \frac{\rho_4}{\rho_5},$$

где

$$|i_{54}| = \frac{z_4}{z_5}; \quad |i_{45}| = \frac{z_5}{z_4},$$

$\rho_5 = l_{N_4 N_5} - \rho_4$ ;  $\rho_4$  – расстояние от точки  $N_4$  касания линии зацепления основной окружности  $r_{b4}$  до рассматриваемой текущей точки, отсчи-



тываемое в направлении к точке  $N_5$  (можно использовать отрезки, на которые делили  $N_4N_5$  для построения эвольвенты).

### **3.5. Графические построения по результатам расчета зубчатой передачи**

Построить на листе 2 зубчатое зацепление  $z_4-z_5$  и график изменения коэффициентов удельного скольжения [3].

## **4. Силовой расчет главного механизма**

Задачей силового расчета является определение реакций связей во всех кинематических парах механизма и уравнивающей силы. Силовой расчет выполняется либо для одного из положений механизма, для которого построен план ускорений (при использовании ЭВМ для силового расчета), либо для двух положений, если расчета на ЭВМ не производится.

### **4.1. Определение сил, действующих на звенья механизма**

Построить на листе 1 график сил полезного сопротивления  $P_{\text{пс}}(S)$ , где  $S$  – перемещение ползуна, как это показано в задании. По заданной силе  $P_m$  определить масштаб этого графика. Определить силу полезного сопротивления для 13 положений механизма (для 24 положений при использовании ЭВМ). Силы полезного сопротивления действуют только на фазе рабочего хода.

В положениях, для которых выполняется силовой расчет, определить силы инерции и моменты пар сил инерции всех звеньев механизма.

Следует пренебречь силами тяжести, силами и моментами сил инерции тех звеньев, для которых не заданы массы. Считать, что центр масс ползуна, образующего шарнирное соединение с одним из звеньев механизма, совпадает с центром шарнира. Центры масс остальных

звеньев обозначены буквой  $S$  с индексом, который соответствует номеру звена.

Силами, значения которых составляют менее 2 % от наибольшей в данном положении, пренебречь.

Все силы и моменты пар сил, используемые в силовом расчете, показать с соблюдением их направлений на кинематических схемах структурных групп, вычерченных на листе 2.

#### ***4.2. Определение реакций в кинематических парах без учета сил трения***

Определить реакции в кинематических парах без учета сил трения, рассмотрев вначале структурную группу, вторую в порядке образования механизма, а затем – первую. Для построения планов сил механизма выбрать масштаб, сообразуясь с величиной наибольшей силы так, чтобы эта сила на плане представляла отрезок порядка 100–200 мм. Планы сил построить на листе 3. Возле планов сил проставить масштаб сил  $\mu_p, \text{Н/мм}$ . Масштабы сил для разных положений могут быть разными.

#### ***4.3. Силовой расчет начального звена***

Произвести силовой расчет начального (входного) звена.

Начальное звено связано с выходным зубчатым колесом зубчатой передачи. К начальному звену со стороны зубчатой передачи прикладывается уравнивающая сила  $P_y$ , направленная по одной из двух линий зацепления так, что момент, создаваемый этой силой, направлен противоположно моменту, создаваемому реакцией, приложенной к начальному звену 1 со стороны звена 2 главного механизма.

#### ***4.4. Силовой расчет с использованием ЭВМ***

Составить программу силового расчета механизма [8]. Определить величины реакций (модуль и направление) в шарнирах  $A$  и  $O$  и величину уравновешивающей силы для 24 положений кривошипа без учета сил трения. Сравнить эти результаты с результатами графоаналитического решения и вычислить величину ошибок. Ошибки не должны превышать 10 %.

Вычертить на листе 3 годограф реакции в шарнире  $O$ .

#### ***4.5. Проверка силового расчета без использования ЭВМ***

Произвести проверку правильности силового расчета. Проверка производится после выполнения силового расчета в каждом из рассматриваемых положений. Условие проверки состоит в том, что мощность, создаваемая уравновешивающей силой, равна со знаком минус сумме мощностей всех активных сил, а также сил и моментов инерции, которые учитывались при силовом расчете структурных групп (реакции в этом условии не учитываются). Обозначим через  $P_y^{\text{пр}}$  значение уравновешивающей силы, найденной по условию проверки. Расчет считается правильным, если относительная погрешность вычислений, определяемая выражением

$$\delta = \left| \frac{P_y - P_y^{\text{пр}}}{P_y^{\text{пр}}} \right| \cdot 100 \%,$$

не превосходит 10 %.

#### ***4.6. Проверка силового расчета с использованием ЭВМ***

Вычислить величину уравновешивающей силы в 24 положениях механизма, приняв коэффициенты трения в поступательных парах равными 0,1 ( $f = 0,1$ ) и радиусы кругов трения во всех вращательных парах равными 0,002 м ( $\rho = 0,002$  м). Вычислить средний за цикл КПД главного механизма  $\eta_{\text{гл.м}}$  по формуле

$$\eta_{\text{гл.м}} = \sum_{i=1}^{24} M_{y_i} / \sum_{i=1}^{24} M_{y_i}^*,$$

где  $M_{y_i}$  и  $M_{y_i}^*$  – значения моментов уравновешивающей силы относительно оси вращения кривошипа в  $i$ -м положении механизма, рассчитанные соответственно без учета и с учетом сил трения.

#### 4.7. Силовой расчет с учетом сил трения. Определение мгновенного КПД механизма

Приняв коэффициенты трения  $f_i$  в поступательных парах равными 0,1 и радиусы кругов трения  $\rho_i$  во всех вращательных парах равными 0,002 м, вычислить значения сил трения  $F_{\text{тр}K}$  и моментов сил трения  $M_{\text{тр}i}$ , пар сил трения по известным реакциям связей, определенным при силовом расчете в положении, соответствующем рабочему ходу механизма. Определить в этом положении мощность всех сил трения  $N_{\text{тр}}$  по формуле

$$N_{\text{тр}} = -\sum_K |F_{\text{тр}K} \cdot V_K| - \sum_i |M_{\text{тр}i} (\omega_i - \omega_j)|,$$

где  $\omega_i$  и  $\omega_j$  – угловые скорости соответственно звеньев  $i$  и  $j$ , образующих вращательную пару, взятые с соответствующими знаками,  $\text{с}^{-1}$ ;  $V_K$  – скорость ползуна  $K$  относительно направляющей,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$ .

Определить мгновенный КПД  $\eta_{\text{гл.м}}$  главного механизма по формуле

$$\eta_{\text{гл.м}} = \frac{|M_0(P_y)\omega_1|}{|M_0(P_y)\omega_1| + |N_{\text{тр}}|},$$

где  $M_0(P_y)$  – момент уравновешивающей силы относительно оси кривошипа, Нм;  $\omega_1$  – угловая скорость кривошипа,  $\text{с}^{-1}$ .

## 5. Выбор электродвигателя

### 5.1. Определение работы силы полезного сопротивления

Работа силы полезного сопротивления на интервале одного оборота главного вала (начального звена) определяется аналитически по графику сил полезного сопротивления в функции перемещения исполнительного звена 5, приведенному в каждом задании. Учесть, что на холостом ходу главного механизма сила полезного сопротивления отсутствует.

### 5.2. Определение мощности приводного двигателя

Определить требуемую мощность  $N$  приводного двигателя, кВт,

$$N = \frac{A_{\text{пс}}}{T \cdot \eta_{\text{зп}} \cdot \eta_{\text{гл.м}} \cdot 1000},$$

где  $A_{\text{пс}}$  – работа сил полезного сопротивления за один оборот главного вала, Нм;  $T$  – время одного оборота главного вала, с;  $\eta_{\text{зп}}$  – КПД зубчатой передачи (принять  $\eta_{\text{зп}} = 0,9$ );  $\eta_{\text{гл.м}}$  – КПД главного механизма.

### 5.3. Выбор приводного электродвигателя

По каталогу или по техническим справочникам выбрать асинхронный электродвигатель, мощность которого  $N_{\text{э}}$  была бы близка к требуемой (выбрать  $N_{\text{э}} \geq N$ ), а синхронное число оборотов было бы близким к номинальному числу оборотов двигателя  $n_{\text{д}}$ , указанному в задании.

Из паспортных данных электродвигателя выписать: индекс электродвигателя; мощность  $N_{\text{э}}$ , кВт, синхронное число оборотов  $n_{\text{с}}$ , об/мин, номинальное число оборотов  $n_{\text{н}}$ , об/мин, и момент инерции ротора электродвигателя  $I_{\text{р}}$ , кг·м<sup>2</sup>.

## **6. Исследование движения машинного агрегата под действием заданных сил**

Исследовать движение машинного агрегата под действием заданных сил при его установившемся движении, т. е. определить зависимость  $\omega_1(\varphi_1)$ , где  $\omega_1$  – угловая скорость начального звена,  $\text{с}^{-1}$ ;  $\varphi_1$  – угол поворота начального звена, град.

### **6.1. Приведение сил главного механизма**

Привести силы полезного сопротивления и силы тяжести звеньев к начальному звену. Приведенный момент  $M_{\text{пр}}$  определить для каждого из 13 положений механизма из условия, что мощность приведенного момента на звене приведения равна мощности всех приводимых сил.

По найденным значениям  $M_{\text{пр}i}$  построить на листе 2 в правой его части график зависимости  $M_{\text{пр}}(\varphi_1)$  на интервале одного оборота начального звена, указав возле координатных осей масштабы. Масштаб для оси абсцисс  $\mu_{\varphi_1}$  принимается таким же, как и для графиков, построенных в разделе кинематического исследования, а масштаб  $\mu_{M_{\text{пр}}}$ , Нм/мм, выбирается из соображений наглядности.

### **6.2. Приведение масс звеньев главного механизма**

Привести массы звеньев главного механизма к звену приведения, т.е. определить приведенный момент инерции  $I_{\text{пг}}$  масс главного механизма для всех рассматриваемых положений. Приведенный момент инерции определяется по условию равенства кинетической энергии звена приведения кинетической энергии всех звеньев главного механизма. По полученным значениям  $I_{\text{пг}}$  построить в правой части листа 3 график зависимости  $I_{\text{пг}}(\varphi_1)$ , указав возле координатных осей соответствующие масштабы.

### **6.3. Приведение сил главного механизма с использованием ЭВМ**

Значения приведенного момента сил тяжести и силы полезного сопротивления, а также приведенный момент инерции главного механизма для 24 положений начального звена предусмотрено получать при силовом расчете механизма при помощи ЭВМ.

По этим значениям построить графики зависимостей  $M_{пр}(\varphi_1)$  и  $I_{пр}(\varphi_1)$ , как это указано в п. 6.1 и 6.2 (без ЭВМ).

Для одного положения механизма вычислить значения  $M_{пр}$  и  $I_{пр}$  без ЭВМ, как указано в п. 6.1 и 6.2 (без ЭВМ), и определить значения относительных ошибок вычисления этих величин. Погрешность ошибки не должны превышать 10 %.

#### **6.4. Приведение масс машинного агрегата**

Привести массы звеньев зубчатой передачи и ротора электродвигателя к звену приведения, т. е. определить приведенный момент инерции  $I_{пр}$  масс зубчатой передачи и ротора электродвигателя. Этот момент инерции является постоянной величиной. Он определяется из условия, что кинетическая энергия звена приведения с моментом инерции  $I_{пр}$  относительно оси вращения начального звена равна кинетической энергии всех звеньев зубчатой передачи и ротора электродвигателя. Моменты инерции  $I_i$ ,  $\text{кг} \cdot \text{м}^2$  каждого  $i$ -го зубчатого колеса относительно оси вращения определить по формуле

$$I = \frac{M_i r_i^2}{2},$$

где  $M_i$  – масса зубчатого колеса, кг;  $r_i$  – радиус делительной окружности зубчатого колеса, м.

$$M_i = \pi \cdot r_i^2 b \gamma.$$

Здесь  $b$  – ширина зубчатого венца, принимаемая равной десяти модулям, м;  $\gamma$  – удельная плотность стали,  $\gamma = 7,8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

При расчете учесть, что планетарные передачи имеют три блока сателлитов, т. е.  $k = 3$ .

### **6.5. Определение закона движения главного вала (начального звена) на установившемся режиме**

Закон движения главного вала (начального звена) при установившемся движении, т. е. зависимость  $\omega_1(\varphi_1)$ , рекомендуется определять методом, изложенным в учебных пособиях [5, с. 94–104] и [6, с. 113–117].

При решении этой задачи учесть, что приведенный момент инерции масс машинного агрегата  $I_{\Pi} = I_{\Pi\Pi} + I_{\PiГ}$ .

Вычисление угловой скорости  $\omega_1(\varphi_1)$  вести до тех пор, пока не будет достигнута периодичность ее изменения, которая проявляется в том, что угловые скорости, соответствующие одним и тем же положениям кривошипа при двух последовательных его оборотах, станут одинаковыми (с точностью до третьей значащей цифры). Результаты расчета привести в записке в виде таблицы [7, с. 34, табл. 9]. На листе 3 построить график зависимости  $\omega_1(\varphi_1)$  на интервале  $0^\circ \leq \varphi_1 \leq 360^\circ$  по тем значениям  $\omega_1(\varphi_1)$ , которые соответствуют выявленному установившемуся движению. Возле координатных осей указать масштабы  $\mu_\omega$ , с<sup>-1</sup>/мм,  $\mu_\varphi$ , град/мм.

На графике показать значения минимальной  $\omega_{\min}$  и максимальной  $\omega_{\max}$  угловых скоростей. Вычислить коэффициент неравномерности хода машинного агрегата.

## **7. Синтез кулачкового механизма**

Вид кулачкового механизма, величины фазовых углов и закон изменения аналога ускорения толкателя на фазе удаления ведомого



звена приведены в задании. Закон обозначен номером, а его конкретный вид, соответствующий этому номеру, дан в прил. Б.

### **7.1. Интегрирование закона движения ведомого звена**

Заданную функцию  $S''(\varphi)$  проинтегрировать аналитически два раза и получить функции  $S'(\varphi)$ ,  $\Delta S(\varphi)$ .

Здесь

$$S'' = \frac{d^2 S}{d\varphi^2}, \text{ м} - \text{аналог ускорения ведомого звена};$$

$$S' = \frac{dS}{d\varphi}, \text{ м} - \text{аналог скорости ведомого звена};$$

$\Delta S(\varphi)$ , м – линейное перемещение ведомого звена;

$\varphi$ , град – угол поворота кулачка, отсчитываемый от начала фазы удаления.

По заданному ходу ведомого звена определить значение коэффициента  $a$ . При вычислении указанных величин углы принимаются в радианах.

### **7.2. Построение графиков закона движения**

Построить графики зависимостей  $S''(\varphi)$ ,  $S'(\varphi)$ ,  $\Delta S(\varphi)$ , соответствующие фазам удаления, дальнего выстоя и сближения. При построении графиков иметь в виду, что  $\varphi_y = \varphi_c$ , а кривая  $S''(\varphi)$  имеет ось симметрии относительно вертикальной оси, проходящей через точку

$$\varphi = \frac{\varphi_y + \varphi_{дв} + \varphi_c}{2}.$$

Выбрать масштаб

$$\mu_\varphi = \frac{(\varphi_y + \varphi_{дв} + \varphi_c)}{x},$$

где  $\varphi_y, \varphi_{дв}, \varphi_c$  – углы, отсчитываемые в градусах,  $x$  – длина отрезка, соответствующая трем фазам на графике. Принять  $x$  в пределах 120–250 мм.

### **7.3. Определение основных параметров кулачкового механизма**

Для кулачкового механизма с толкателем, снабженным роликом, основные параметры, задающие минимальное расстояние между осью кулачка и осью ролика, определить из условия  $\delta \leq [\delta]$ , где  $\delta$  – угол давления на фазе удаления и сближения, а  $[\delta]$  – допускаемый угол давления, приведенный в задании.

Для кулачкового механизма с плоским толкателем величину  $S_0$ , являющуюся минимальным расстоянием между тарелкой толкателя и осью кулачка, определить по условию выпуклости профиля кулачка.

Графическое построение для выбора параметров выполнить на листе 4.

Пользуясь методом инверсии (обращения движения), построить центральной профиль кулачка для кулачкового механизма, имеющего ролик, и рабочий профиль кулачка для механизма с плоским толкателем. При выборе масштаба построения пользоваться соображениями наглядности.

### **7.4. Выбор радиуса ролика для кулачкового механизма с роликовым толкателем**

Для кулачкового механизма, имеющего ролик, выбрать радиус ролика, удовлетворяющий одновременно двум условиям:

$$r_p \leq 0,8\rho_{\min},$$

$$r_p \leq 0,4S_0,$$

где  $r_p$  – радиус ролика, мм;  $\rho_{\min}$  – минимальный радиус кривизны центрального профиля на выпуклой его части, мм;  $S_0$  – минимальное расстояние от центра кулачка до центрального профиля, мм.

Построить рабочий профиль кулачка как кривую, эквидистантную центральному профилю и удаленную от него на расстояние  $r_p$ .

### **7.5. Определение параметров замыкающей пружины**

Считая массу толкателя равной 2 кг, определить жесткость замыкающей пружины и усилие ее предварительного сжатия.

## **8. Оформление пояснительной записки и чертежей**

Пояснительная записка пишется на одной стороне листа писчей бумаги формата А4 (210 х 297) в соответствии с СТ ВУЗ–ХГПУ–3.01–2000 «Система стандартов по организации учебного процесса. Текстовые документы в сфере учебного процесса. Общие требования к выполнению» и излагается без формулировок теорем и определений. Расстояние между строками должно быть 8–12 мм. Страницы пояснительной записки должны иметь поля: левое (для сшивания) – не менее 30 мм, правое – не менее 10 мм, верхнее – 15 мм, нижнее – 20 мм. Нумерация страниц сквозная: первой страницей (номер не ставится) является титульный лист, второй – содержание и так далее. Номера страниц проставляются арабскими цифрами в правом верхнем углу. Список использованной литературы и приложения включаются в сквозную нумерацию.

Уравнения и формулы записываются в общем виде, затем в них подставляются числовые значения и приводится конечный результат. Единицы размерностей величин указываются только с конечным результатом.

Все расчеты должны быть выполнены с использованием международной системы единиц СИ.

Содержание пояснительной записки рекомендуется разбивать на разделы и подразделы, обозначаемые арабскими цифрами. Их нумерация должна соответствовать нумерации данных методических указаний.

Материал в пояснительной записке располагается в такой последовательности: титульный лист, содержание, основная часть, список использованной литературы, приложения.

Графическая часть курсового проекта состоит из четырех листов форматом А1.

Каждый лист оформляется в соответствии с требованием СТП – ХПИ –21–86 «Конструкторские документы. Форматы. Основные надписи». Графические построения оформляются карандашом. На листах 1 и 3 с правой стороны резервируется полоса шириной 200 мм для построения графиков.

## **9. Защита проекта**

Студент представляет курсовой проект на кафедру по частям или полностью, проходит собеседование с руководителем курсового проектирования.

Если проект по теории механизмов и машин удовлетворяет требованиям, предъявляемым к нему, то он допускается к защите. После защиты проекта знания студента оцениваются дифференцированно (оценкой) по четырехбалльной системе.

## **Список литературы**

### **Основная**

1. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин: Учеб. для ВТУЗов – М.: Наука, 1988 – 640 с.
2. Теория механизмов и машин: Учеб. для ВТУЗов/ Фролов К. В., Попов С. А. и др.; Под ред. Фролова К. В.– М.: Высш. шк., 1987. – 496 с.

3. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин. Коренько А. С. и др. – Киев: Вища шк., 1970. – 332 с.

4. Попов С. А. Курсовое проектирование по теории механизмов и механике машин. – М.: Высш. шк., 1986.

5. Методические указания к самостоятельной работе по проектированию и исследованию шарнирно-рычажных механизмов по дисциплине "Теория механизмов и машин" для студентов машиностроительных специальностей дневного и вечернего обучения / А. А. Грунауэр, И. Д. Долгих – Харьков: ХПИ, 1992. – 145 с.

6. Теория механизмов и машин /Системный подход/: Учеб. пособие / А. А. Грунауэр, И. Д. Долгих – К.: УМК ВО, 1992. – 384 с.

7. Теория механизмов и машин. Методические указания к выполнению курсового проекта по курсу теории механизмов и машин (с применением ЭВМ) для студентов машиностроительных специальностей / Н. А. Ткачук, Г. А. Кротенко, А. А. Зарубина и др. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2004. – 44 с.

#### Дополнительная

8. Кожевников С. Н. Теория механизмов и машин. – М.: Машиностроение, 1973. – 592 с.

9. Юдин В. А., Барсов Г. А., Чупин Ю. Н. Сборник задач по теории механизмов и машин. – М.: Высш. шк., 1982

10. Артоболевский И. И., Эдельштейн Б. В. Сборник задач по теории механизмов и машин. – М.: Наука, 1975.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ А

#### Задания на курсовой проект

Ниже приведены задания на курсовое проектирование. В каждом задании даны: кинематическая схема главного механизма, схема зубчатой передачи и кулачкового механизма. Главный механизм представляет собой плоский шестизвенный механизм. Входным (ведущим звеном) является кривошип 1, а выходным (ведомым) – ползун 5. На ползуне 5 крепится инструмент. Около оси движения ползуна 5 даны графики зависимости сил полезных сопротивлений от хода ползуна. Силы полезных сопротивлений действуют только на рабочем ходу. Рабочим является ход ползуна вниз или справа налево.

Входное звено главного механизма получает движение от асинхронного электродвигателя через зубчатую передачу, которая представляет собой последовательно соединенные планетарный механизм и одноступенчатую передачу с зубчатыми колесами  $z_4$  и  $z_5$ .

Кулачковый механизм предназначен для выполнения вспомогательных операций (подача или съём заготовки, подача смазки и т.д.). Кулачок вращается с угловой скоростью, равной по модулю угловой скорости входного звена главного механизма.

#### УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

в заданиях на курсовой проект

$l_{OA}, l_{BC}, l_{BD} \dots$  – длины звеньев 1, 2, 3 и т.д. рычажного механизма, м;

$x_B, y_B, x_C \dots$  – координаты осей шарниров B, C, м;

$l_{BS_2}, l_{AS_3}, \dots$  – длины отрезков, определяющих положение центров масс звеньев  $S_2, S_3 \dots$ , м;

$H_D, H_C, \dots$  – ход ползуна 5, м;

Продолжение прил. А

$\varphi_{10}$  – угол, определяющий начальное положение кривошипа, град;

$\varphi_{px}$  – угол поворота кривошипа, соответствующий рабочему ходу ползуна 5, град;

$n_d$  – частота вращения двигателя, об/мин;

$n_1$  – частота вращения начального звена – кривошипа, об/мин;

$P_m$  – модуль максимальной силы полезного сопротивления, действующей на выходное звено на рабочем ходу, кН;

$m_2, m_3, m_4 \dots$  – массы звеньев, кг;

$I_{S_2}, I_{S_3}, I_{S_4} \dots$  – моменты инерции звеньев относительно осей, перпендикулярных плоскости чертежа и проходящих через центры масс звеньев  $S_2, S_3, S_4$  кг · м<sup>2</sup>;

$z_1, z_2, z_3$  – числа зубьев зубчатых колес;

$H$  – водило в зубчатом редукторе;

$m$  – модуль зубьев колес цилиндрической зубчатой передачи, мм;

$N$  – номер закона аналога ускорения толкателя по таблице законов изменения аналогов ускорения толкателя кулачкового механизма на фазе удаления (прил. Б);

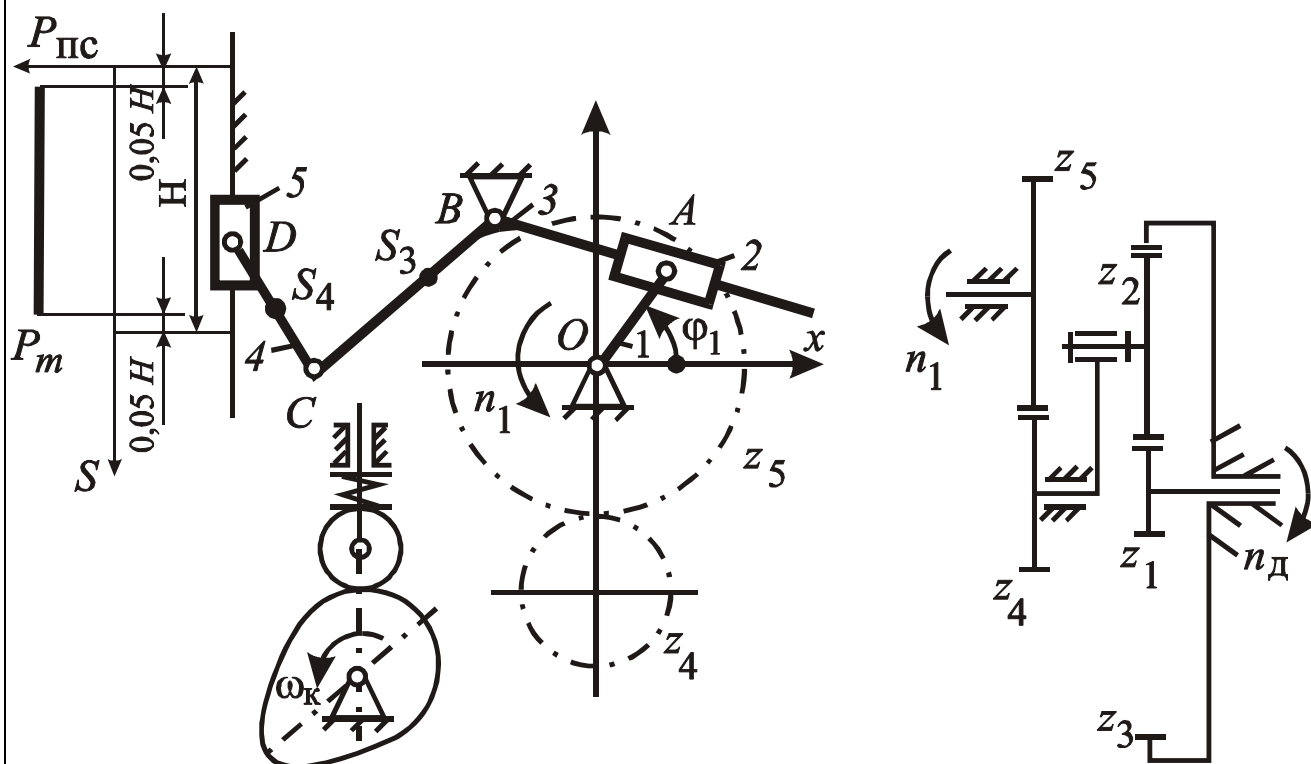
$h$  – ход толкателя кулачкового механизма, м;

$\varphi_y, \varphi_{дв.}, \varphi_c$  – фазовые углы поворота кулачка кулачкового механизма (фаза удаления, фаза дальнего выстоя, фаза сближения), град;

$[\delta]$  – значение допускаемого угла давления для кулачкового механизма, град;

$\varphi$  – угол поворота кулачка, град.

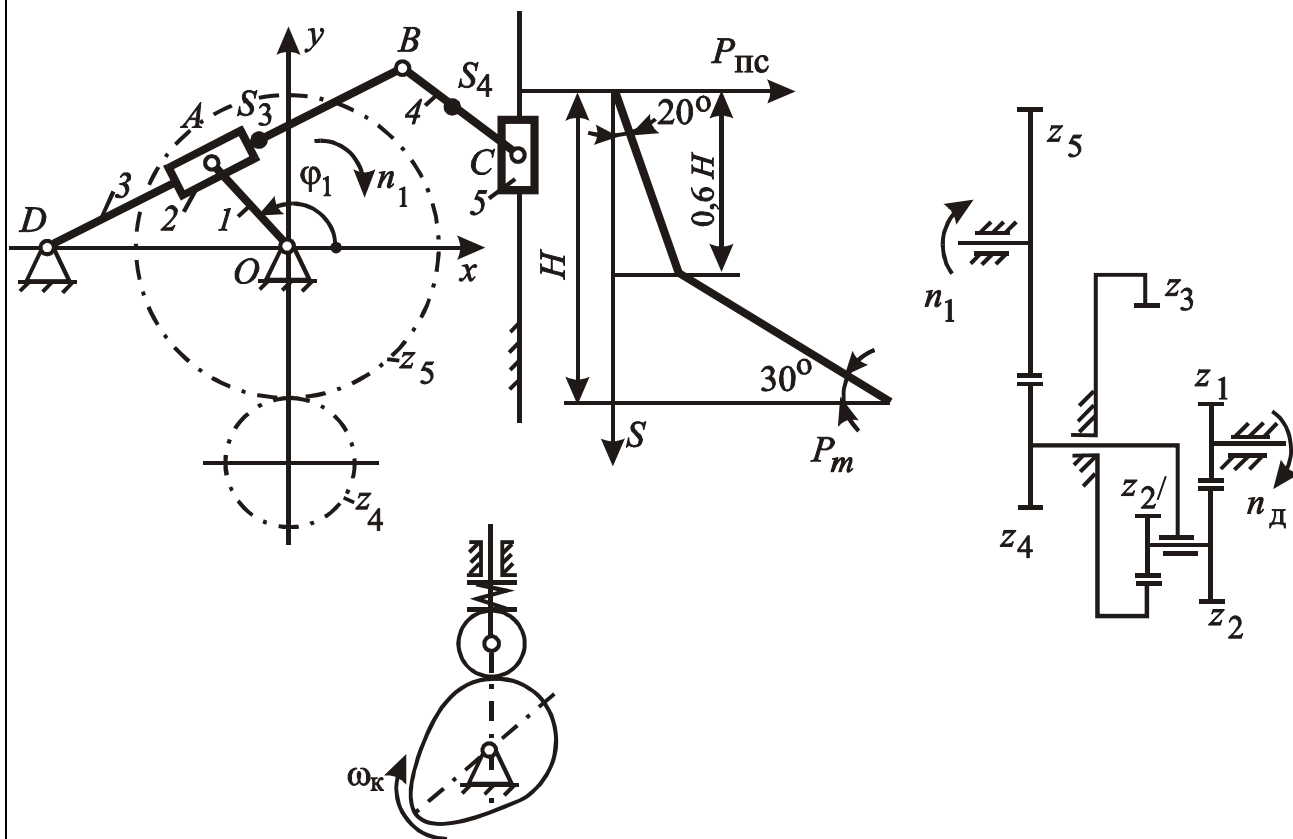
## Задание 1. Долбежный станок



Параметр	Ед. изм.	Варианты числовых значений						Параметр	Ед. изм.	Варианты числовых значений					
		1	2	3	4	5	6			1	2	3	4	5	6
$n_d$	об/мин	1450	1460	1430	1455	1455	1470	$I_{S_3}$	кг · м <sup>2</sup>	0.025	0.035	0.003	0.0032	0.003	0.003
$n_1$	об/мин	130	140	120	140	125	150	$I_{S_4}$	кг · м <sup>2</sup>	0.004	0.003	0.004	0.004	0.002	0.002
$l_{AO}$	м	0.073	0.054	0.062	0.065	0.057	0.049	$P_m$	кН	10.7	10.5	20.5	12.0	20.0	18.0
$l_{BC}$	м	0.24	0.23	0.225	0.24	0.235	0.225	$z_1$	-	24	17	28	24	18	20
$l_{CD}$	м	0.132	0.128	0.15	0.13	0.14	0.125	$z_2$	-	36	25	35	30	27	25
$l_{CS_3}$	м	0.08	0.08	0.075	0.08	0.075	0.075	$z_3$	-	96	67	98	84	72	70
$l_{CS_4}$	м	0.066	0.064	0.075	0.065	0.07	0.062	$z_4$	-	9	11	8	10	9	10
$x_B$	м	-0.134	-0.13	-0.176	-0.131	-0.132	-0.125	$m$	мм	4	4	4	4	4	4
$y_B$	м	0.092	0.096	0.098	0.10	0.091	0.096	$N$	-	4	1	3	2	1	3
$\angle ABC$	град	130	125	135	140	120	135	$h$	м	0.022	0.02	0.018	0.025	0.022	0.026
$m_2$	кг	4	4	4	4	4	4	$\phi_y$	град	60	80	90	70	50	100
$m_3$	кг	30	40	35	40	35	35	$\phi_c$	град	60	80	90	70	50	100
$m_4$	кг	4	4	4	4	4	4	$\phi_{дв}$	град	40	40	50	50	40	50
$m_5$	кг	80	120	200	150	150	160	$[\delta]$	град	25	25	25	25	25	25
$I_{S_2}$	кг · м <sup>2</sup>	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	$x_D$	м	-0.38	-0.38	-0.43	-0.40	-0.36	-0.38

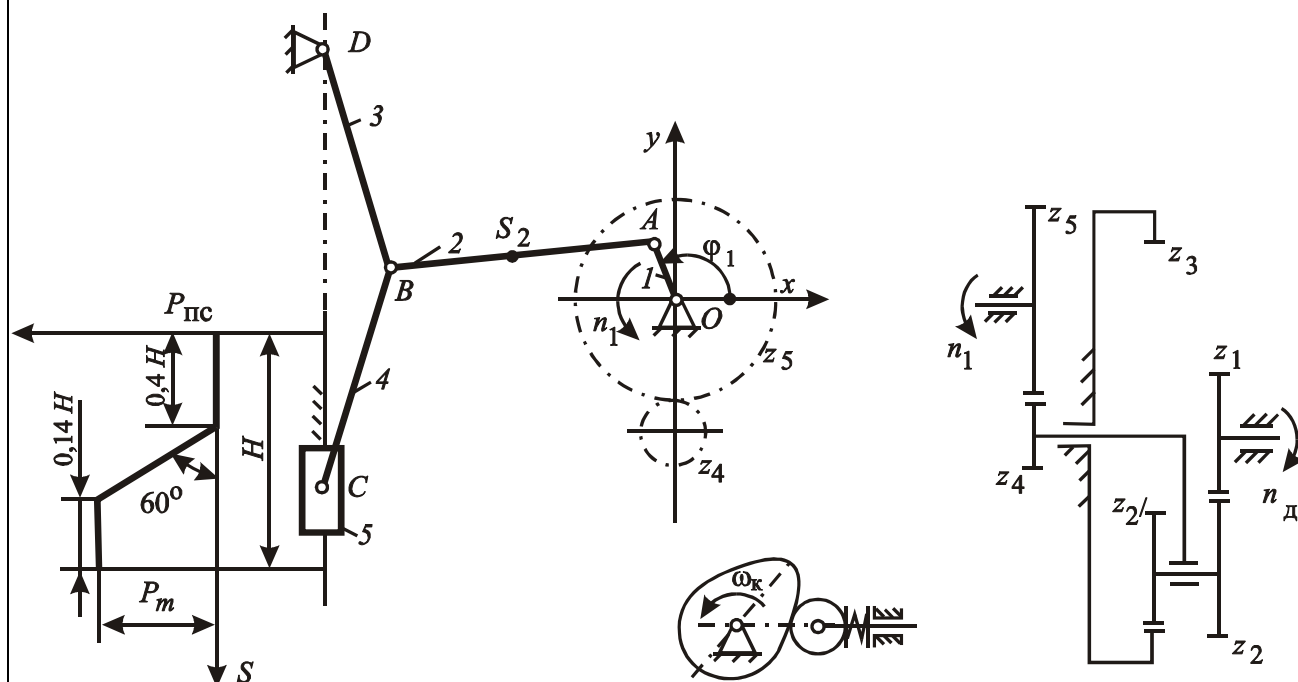


# Задание 2. Брикетировочный автомат



Параметр	Ед. изм.	Варианты числовых значений						Параметр	Ед. изм.	Варианты числовых значений					
		1	2	3	4	5	6			1	2	3	4	5	6
$n_d$	об/мин	2870	2870	2870	2870	2870	2870	$I_{S_3}$	кг · м <sup>2</sup>	0.04	0.038	0.04	0.042	0.04	0.04
$n_1$	об/мин	170	220	160	170	185	215	$I_{S_4}$	кг · м <sup>2</sup>	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
$l_{OA}$	м	0.075	0.10	0.11	0.13	0.10	0.05	$P_m$	кН	10.7	10.5	20.5	12.0	20.0	18.0
$l_{BD}$	м	0.375	0.440	0.52	0.56	0.45	0.37	$z_1$	-	42	24	18	18	33	18
$l_{BC}$	м	0.15	0.175	0.20	0.19	0.17	0.18	$z_2$	-	83	50	57	58	66	36
$l_{BS_3}$	м	0.20	0.22	0.26	0.28	0.225	0.185	$z_2'$	-	25	25	25	29	25	27
$l_{BS_4}$	м	0.075	0.10	0.10	0.095	0.085	0.090	$z_3$	-	150	99	100	105	124	81
$y_D$	м	0	0	0	0	0	0	$z_4$	мм	13	12	13	13	12	9
$x_D$	м	-0.19	-0.25	-0.25	-0.3	-0.22	-0.16	$m$	-	4	5	5	4	5	5
$x_C$	м	0.18	0.21	0.21	0.23	0.20	0.20	$N$	м	1	2	3	4	3	2
$m_2$	кг	4	4	4	4	4	4	$h$	град	0.025	0.025	0.025	0.03	0.03	0.03
$m_3$	кг	30	26	28	30	25	26	$\varphi_v$	град	40	50	75	75	60	40
$m_4$	кг	5	4	4	5	5	4	$\varphi_c$	град	40	50	75	75	60	40
$m_5$	кг	50	45	45	55	45	45	$\varphi_{дв}$	град	20	20	15	15	15	30
$I_{S_2}$	кг · м <sup>2</sup>	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	[8]	м	30	30	30	30	30	30

## Задание 3. Вырубной пресс



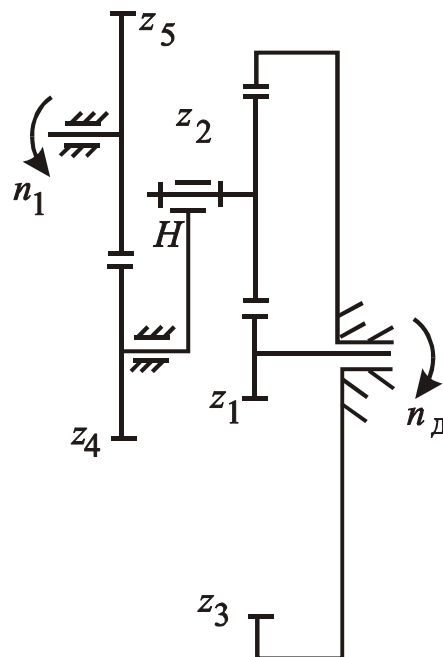
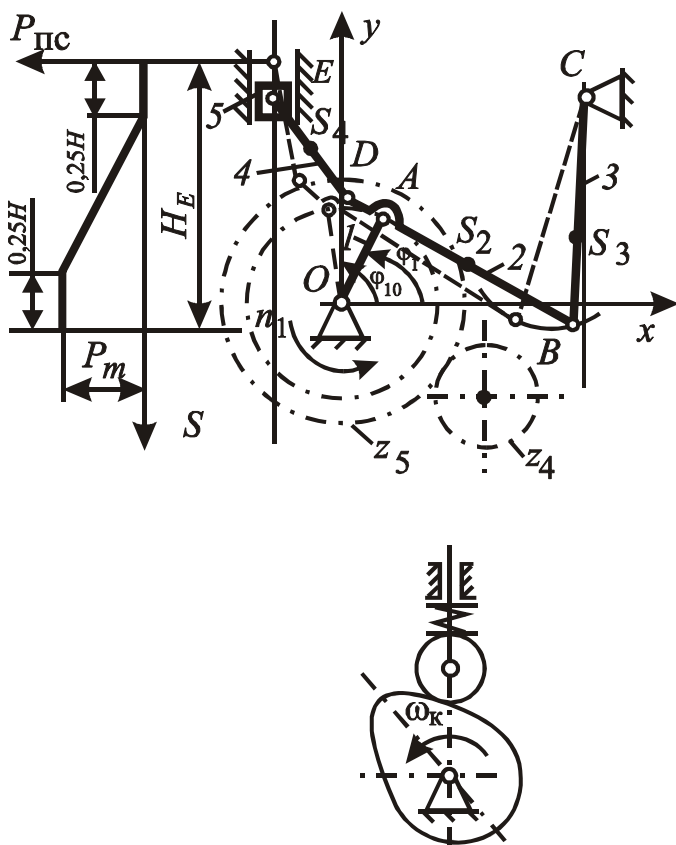
Параметр	Ед. изм.	Варианты числовых значений						Параметр	Ед. изм.	Варианты числовых значений					
		1	2	3	4	5	6			1	2	3	4	5	6
$n_d$	об/мин	1450	1450	1450	1450	1450	1450	$I_{S_2}$	кг·м <sup>2</sup>	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
$n_1$	об/мин	64	63	61	65	61	60	$I_{S_3}$	кг·м <sup>2</sup>	0.005	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005
$l_{OA}$	м	0.037	0.037	0.044	0.046	0.049	0.050	$I_{S_4}$	кг·м <sup>2</sup>	0.005	0.004	0.005	0.006	0.006	0.006
$l_{AB}$	м	0.190	0.178	0.171	0.188	0.157	0.178	$P_m$	кН	7	8	7	8	7	8
$l_{BD}$	м	0.17	0.165	0.175	0.18	0.185	0.19	$z_1$	-	23	18	18	23	20	21
$l_{BC}$	м	0.17	0.165	0.175	0.18	0.185	0.19	$z_2$	-	52	48	48	52	61	50
$x_D$	м	-0.25	-0.24	-0.235	-0.25	-0.22	-0.24	$z_2'$	-	21	21	21	21	31	22
$y_D$	м	0.172	0.146	0.161	0.149	0.155	0.172	$z_3$	-	96	87	87	96	112	93
$x_C$	м	-0.25	-0.24	-0.235	-0.25	-0.22	-0.24	$z_4$	-	11	12	13	13	13	12
$l_{AS_2}$	м	0.063	0.05	0.05	0.06	0.04	0.05	$m$	мм	5	5	5	5	5	5
$l_{DS_3}$	м	0.085	0.083	0.088	0.09	0.0925	0.095	$N$	-	1	3	4	2	3	4
$l_{BS_4}$	м	0.085	0.083	0.088	0.09	0.0925	0.095	$h$	м	0,06	0,056	0,052	0,062	0,056	0,052
$m_2$	кг	20	18	20	22	25	25	$\varphi_y$	град	75	60	70	65	50	60
$m_3$	кг	35	32	35	36	38	38	$\varphi_c$	град	75	60	70	65	50	60
$m_4$	кг	35	32	36	35	38	40	$\varphi_{дв}$	град	0	15	10	5	15	20
$m_5$	кг	40	35	40	42	42	45	$[\delta]$	град	30	30	30	30	30	30

27



29

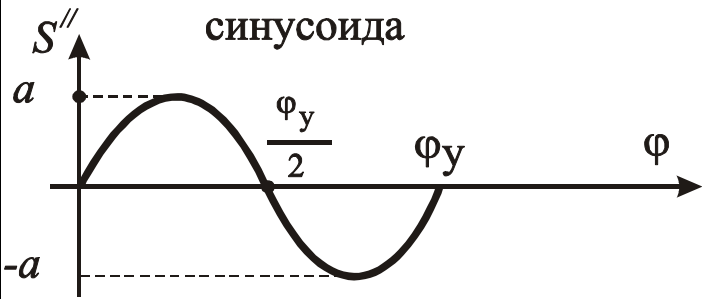
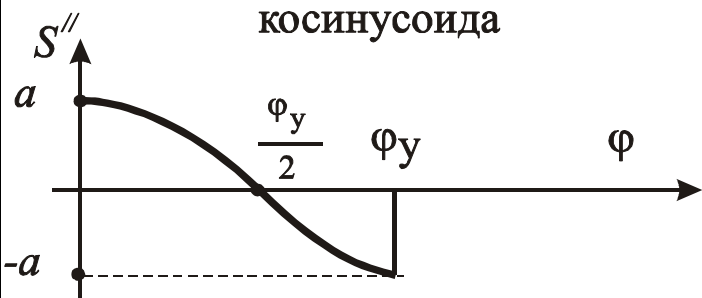
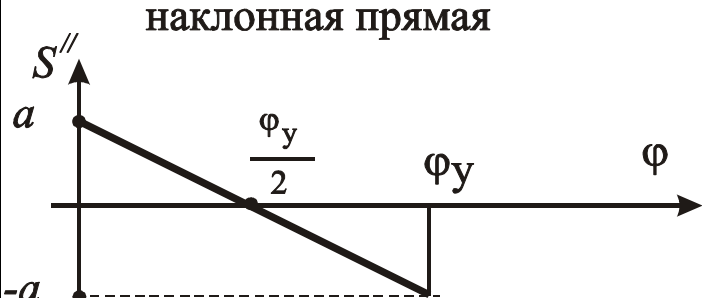
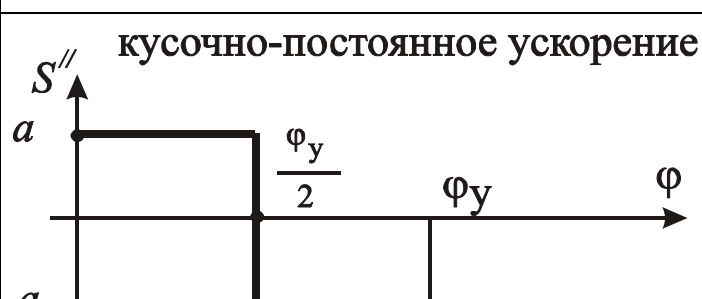
## Задание 7. Механический пресс



Пара-метр	Ед. изм.	Варианты числовых значений						Пара-метр	Ед. изм.	Варианты числовых значений					
		1	2	3	4	5	6			1	2	3	4	5	6
$n_d$	об/мин	1470	1480	1480	1470	1480	1480	$m_5$		68	75	70	80	82	80
$n_1$	об/мин	128	123	132	135	130	123	$I_{S_2}$	кг · м <sup>2</sup>	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
$l_{AO}$	м	0.25	0.30	0.26	0.26	0.27	0.29	$I_{S_3}$	кг · м <sup>2</sup>	2.3	2.5	2.4	2.4	2.4	2.5
$l_{BC}$	м	0.82	1.00	0.90	0.95	0.95	0.98	$I_{S_4}$	кг · м <sup>2</sup>	2.9	3.1	3.2	3.1	3.2	3.1
$l_{AB}$	м	0.65	0.86	0.73	0.95	0.80	0.82	$P_m$	кН	117	130	143	104	125	135
$l_{AD}$	м	0.15	0.17	0.23	0.28	0.31	0.29	$z_1$	-	19	18	28	21	22	20
$l_{DE}$	м	0.702	0.544	0.506	0.708	0.625	0.572	$z_2$	-	29	36	50	36	53	67
$x_C$	м	0.60	0.92	0.90	0.92	0.88	0.86	$z_3$	-	77	90	128	93	128	154
$y_C$	м	0.80	0.94	0.80	0.86	0.88	0.86	$z_4$	-	11	10	10	10	12	12
$x_E$	м	-0.20	-0.22	-0.28	-0.40	-0.35	-0.35	$m$	мм	5	5	5	5	5	5
$l_{BS_2}$	м	0.40	0.51	0.48	0.55	0.56	0.56	$N$	-	4	3	2	3	1	2
$l_{BS_3}$	м	0.41	0.50	0.45	0.48	0.48	0.49	$h$	м	0.017	0.020	0.022	0.025	0.025	0.018
$l_{DS4}$	м	0.35	0.28	0.25	0.36	0.31	0.29	$\varphi_y$	град	90	105	120	150	105	130
$\varphi_{10}$	град	93.1	93.0	92.3	96.3	91.6	93.7	$\varphi_c$	град	90	105	120	150	105	130
$m_1$	кг	29	32	30	30	31	32	$\varphi_{дв}$	град	90	35	10	20	60	20
$m_2$	кг	40	45	42	42	43	44	$[\delta]$	град	30	30	30	30	30	30
$m_3$	кг	42	48	45	46	45	45	$\varphi_{рх}$	град	183	185	182	186	180	183
$m_4$	кг	48	52	50	54	52	50								

31

## Законы изменения аналога ускорения толкателя кулачкового механизма на фазах удаления

№ п/п	Наименование и график зависимости аналога ускорения от угла поворота кулачка	Аналитическое выражение
1	<p style="text-align: center;"><b>синусоида</b></p> 	$S'' = a \cdot \sin(k \cdot \varphi),$ <p style="text-align: center;">где <math>k = \frac{2\pi}{\varphi_y}</math></p>
2	<p style="text-align: center;"><b>косинусоида</b></p> 	$S'' = a \cdot \cos(k \cdot \varphi),$ <p style="text-align: center;">где <math>k = \frac{\pi}{\varphi_y}</math></p>
3	<p style="text-align: center;"><b>наклонная прямая</b></p> 	$S'' = a \cdot \left( 1 - 2 \frac{\pi}{\varphi_y} \varphi \right)$
4	<p style="text-align: center;"><b>кусочно-постоянное ускорение</b></p> 	$S'' = \begin{cases} a, & 0 \leq \varphi \leq \frac{1}{2} \varphi_y \\ -a, & \frac{1}{2} \varphi_y \leq \varphi \leq \varphi_y \end{cases}$



## Инструкция по работе с программой kin.exe для выполнения кинематического исследования механизма на ЭВМ

Для запуска программы необходимо найти каталог **UPS** при помощи клавиш перемещения курсора. Войти в этот директорию, нажать **<Enter>** и найти программу **kin.exe**. Запустить эту программу (**<Enter>**). Программа **kin.exe** написана в диалоговом режиме.

**На экране дисплея появится надпись:**

Введите имя файла результатов.

При помощи клавиатуры ввести название файла с расширением **.txt**, в который будут выведены значения, полученные в ходе расчета. Например: **ivanov.txt** (**<Enter>**). На экране появится информация.

**Начало расчета**

Да

Нет

Перемещением красного фона, при помощи клавиш движения курсора, сделать выбор. Если вы начинаете вводить данные вашего механизма, – это означает начало расчета **<Да>**, если данные были введены ранее, – **<Нет>**, **<Enter>**.

На экране появится схема начального звена и таблица данных, необходимых для расчета.

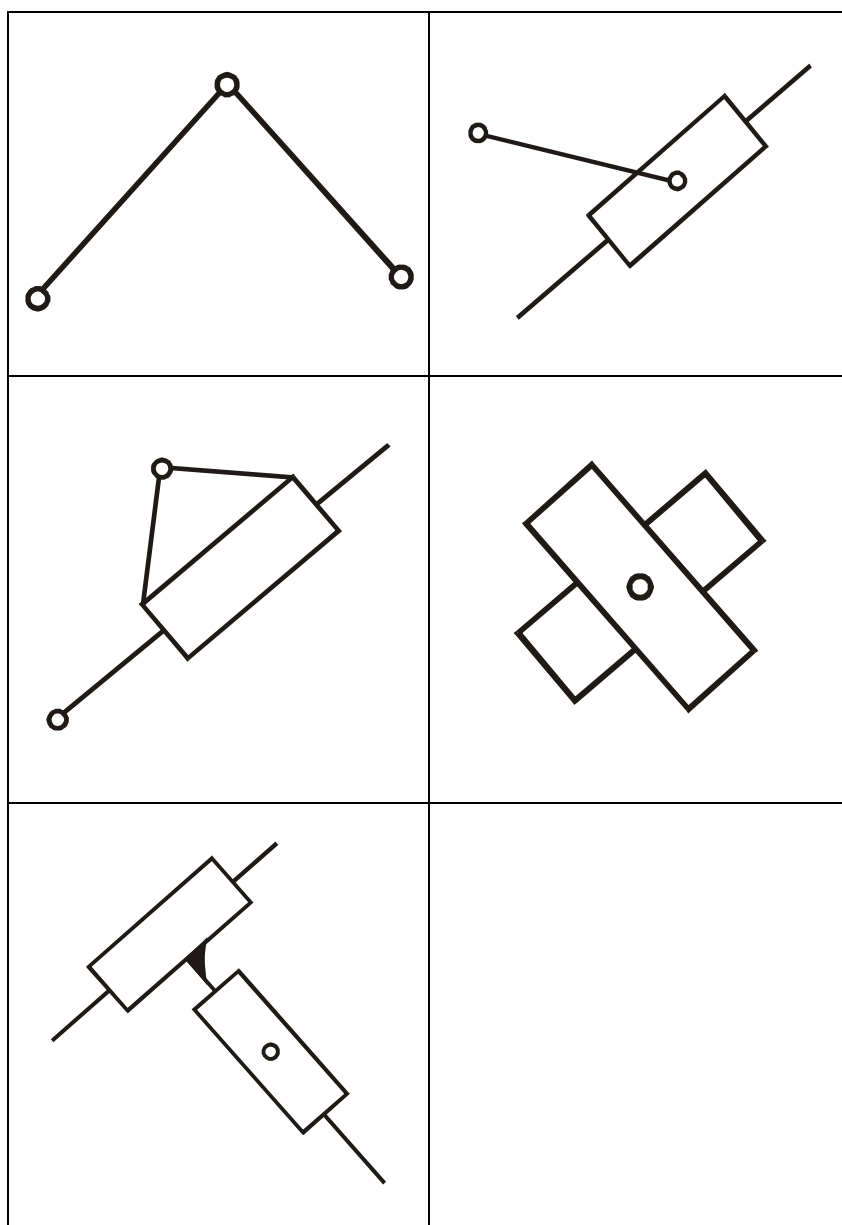
### Начальное звено

	Переобозначить точку O	
	точку A	
	Ввести координаты $x_0$ , м	
	$y_0$ , м	
	длину $l_1$ , м	
	угол, град	
	угловая скорость, $c^{-1}$	
	угловое ускорение, $c^{-2}$	

Продолжение прил. В

Перемещением красного (рабочего) поля по таблице данных при помощи клавиш движения курсора и клавиатуры произвести набор буквенных и числовых данных, в соответствии со схемой Вашего механизма. В случае ошибки при наборе, для удаления последнего введенного символа, в каждом рабочем квадрате нажать клавишу **<BACKSPACE>**. Полностью очистить клетку от неправильно набранных символов можно нажатием клавиши **<Delete>**. Конец набора данных для начального звена сопровождается нажатием клавиши **<End>**.

На экране высвечивается таблица схем групп Ассура.



Продолжение прил. В

Перемещением голубого фона по таблице при помощи клавиш перемещения курсора сделать выбор схемы группы Ассура, первой в порядке присоединения к начальному звену, <Enter>. Выбранная схема группы выносится на свободное поле экрана. Требуется подтверждение правильности выбора

**Структурная группа выбрана правильно?**

Да	Нет
----	-----

В случае правильного выбора “рабочее” – красное поле перемещается в квадрат <Да>, <Enter>. Если же группа выбрана неверно – <Нет>, <Enter> и производится повторный выбор необходимой схемы из таблицы.

После того как схема группы выбрана правильно, на экране высвечивается данная схема с обозначением длин звеньев и шарниров (характерных точек). При помощи клавиатуры производим набор данных в соответствии с обозначениями букв и длин звеньев вашего механизма.

Если какой-либо точки или звена на вашей схеме нет, клетка с соответствующими данными пропускается (остаётся пустой).

После окончания набора данных в таблицу для первой группы в порядке присоединения к начальному звену нажать клавишу <End>. На экране появится вид механизма, состоящий из начального звена и первой группы.

Ответом на вопрос

**Структурная группа выбрана правильно?**

Да	Нет
----	-----

продолжить работу с программой.

- <Нет>, <Enter>: вид механизма на экране не соответствует виду механизма на вашей схеме-задании. Необходимо внести исправления в данные, сделав выбор схемы группы Ассура в таблице схем, которая появится на экране после этого ответа.

Продолжение прил. В

- <Да>, <Enter>: вид механизма на экране соответствует виду механизма на вашей схеме-задании.

Далее следует ответить на вопрос

**Есть ли еще присоединённая группа?**

Да	Нет
----	-----

- <Да>, <Enter>: на вашей схеме-задании есть еще структурная группа, которую необходимо присоединить к уже собранному механизму. Выбор этой группы осуществляется по таблице схем групп Ассура.
- <Нет>, <Enter>: механизм собран полностью, его вид соответствует вашей схеме, и групп, которые необходимо присоединить к уже собранному механизму, нет.

Если выбор групп механизма закончен. Механизм собран верно, на экране появляется схема механизма в движении.

Следует обратить внимание на движение входного звена 1: вращение осуществляется по часовой стрелке или против нее и соответствует ли это заданию. Если движение звена 1 не соответствует заданию, необходимо внести изменения в таблицу данных начального звена, нажав последовательно клавишу <End> и ответив на вопрос

**Выбор механизма закончен?**

Да	Нет
----	-----

- <Нет>, <Enter>, произойдет возврат к данным, внесённым вами ранее.

Чтобы прервать работу программы (движение механизма), после завершения полного оборота начального звена нажать клавишу <End> и ответить на вопрос на экране

**Выбор механизма закончен?**

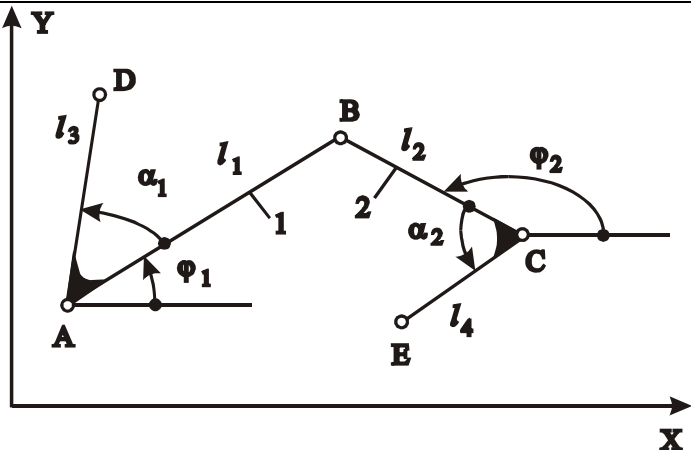
<Да>, <Enter>.

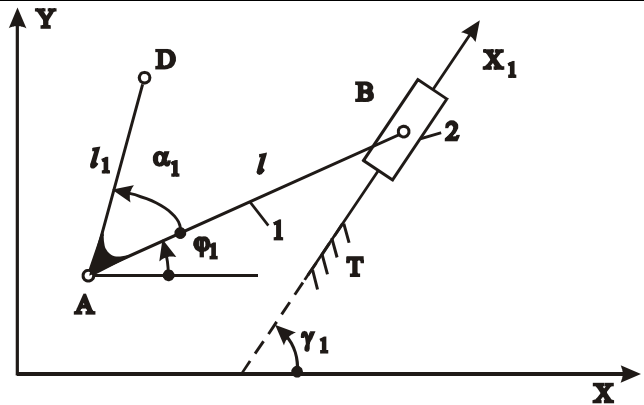
В каталоге **UP** появится файл с именем, назначенным вами в начале работы, с расширением **.txt**, (например, **ivanov.txt**). Это результаты расчета. Чтобы их просмотреть на экране, необходимо подвести курсор к этому файлу, нажать клавишу <F3>. Чтобы

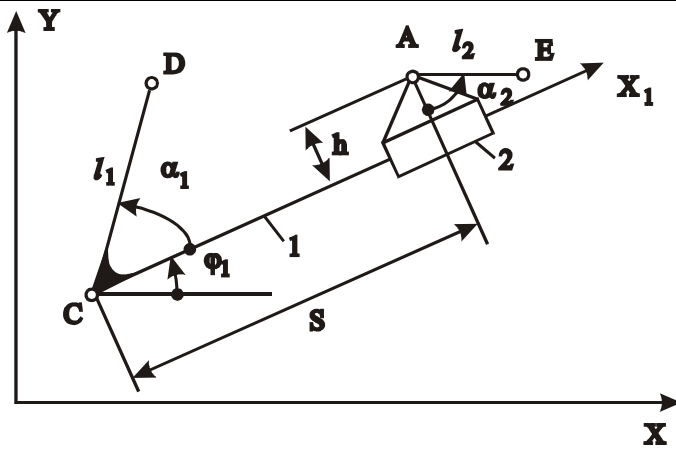
Продолжение прил. В

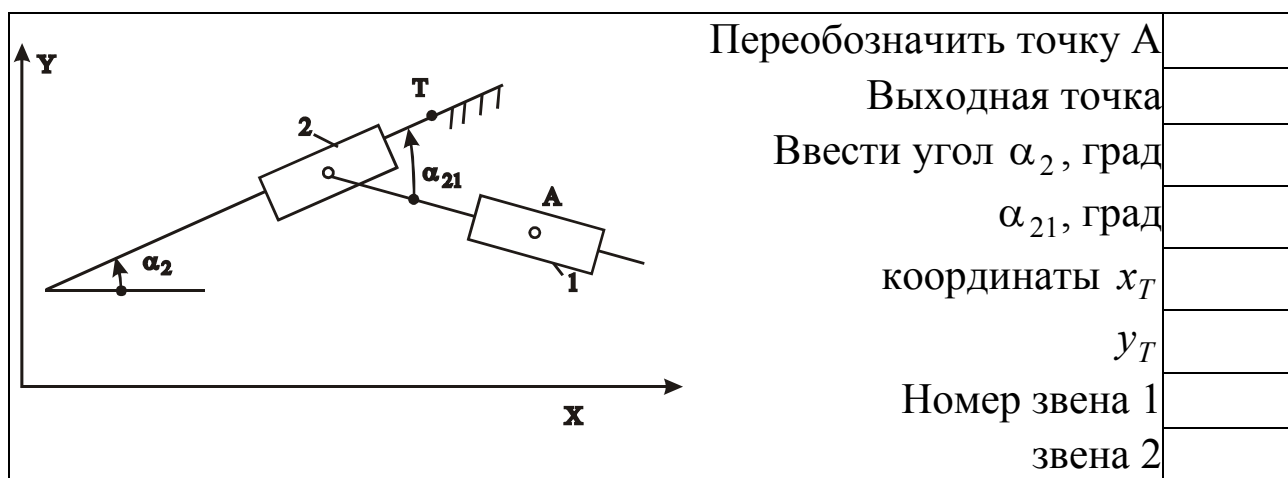
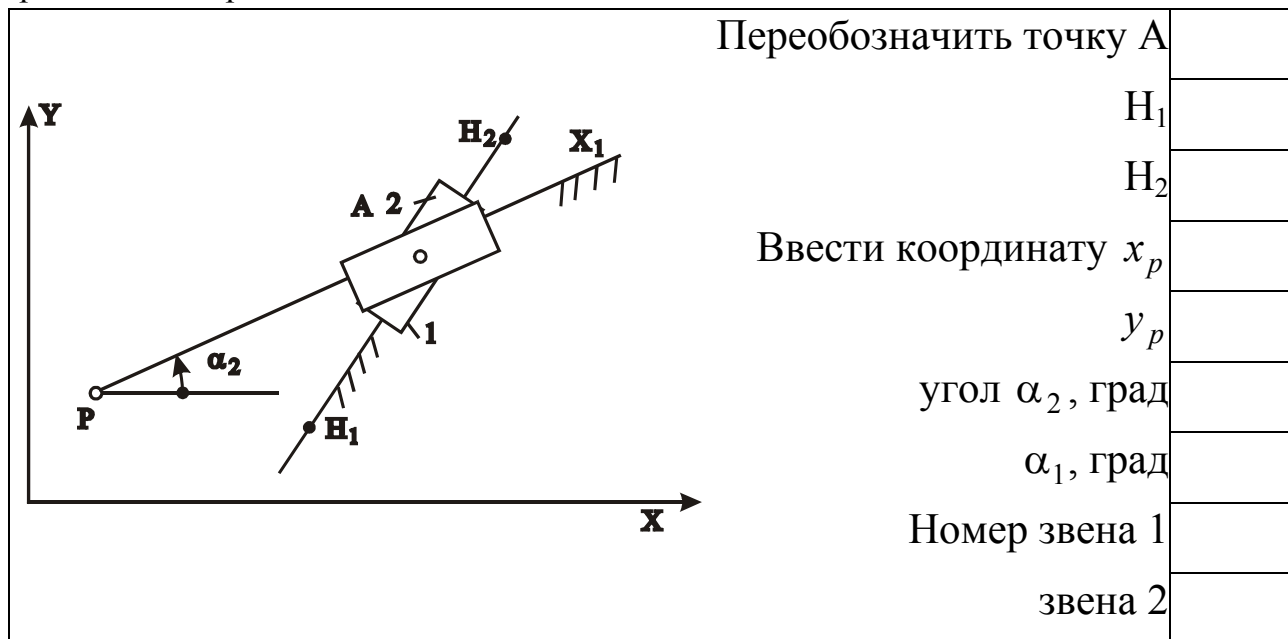
распечатать, необходимо подготовить к печати принтер, подвести курсор к файлу результатов (**ivanov.txt**) расчета, нажать клавишу <F5> и набрать при помощи клавиатуры **prn**. Запуск команды на выполнение осуществляется нажатием клавиши <Enter>.

При подготовке к работе на ЭВМ выберите по инструкции необходимые схемы структурных групп и заполните таблицы данных. Подготовленные таблицы следует согласовать с преподавателем. При работе с программой смотрите подсказки на экране.

 <p>Коэффициент сборки «+1», если обход точек ABC на схеме осуществляется по часовой стрелке, а «-1» – при обходе против часовой стрелки.</p>	Переобозначить точку	A	
		B	
		C	
		D	
		E	
	Ввести длину $l_1$ , м		
	$l_2$ , м		
	$l_3$ , м		
	$l_4$ , м		
	угол $\alpha_1$ , град		
	$\alpha_2$ , град		
	коэффициент сборки		
	неподвижная точка		
	координата $x$		
$y$			
номер звена AB			
BC			

 <p>Коэффициент сборки «+1», если угол между вектором <math>AB</math> и направляющей <math>X_1</math> острый, в противном случае коэффициент сборки «-1».</p>	Переобозначить точку A	
	B	
	D	
	Ввести координату $x_T$	
	$y_T$	
	длину $l$ , м	
	$l_1$ , м	
	угол $\alpha_1$ , град	
	$\gamma_1$ , град	
	коэффициент сборки	
	номер звена AB	
	номер ползуна	

 <p>Коэффициент сборки «+1», если поворот оси <math>X_1</math> на минимальный угол до совмещения с прямой <math>CA</math> осуществляется против часовой стрелки. В противном случае коэффициент сборки «-1».</p>	Переобозначить точку A	
	C	
	D	
	E	
	Ввести длину	
	$l_1$ , м	
	$l_2$ , м	
	$h$ , м	
	угол $\alpha_1$ , град	
	$\alpha_2$ , град	
	коэффициент сборки	
	неподвижная точка	
	координата $x$	
	$y$	
	номер звена CD	
	номер ползуна	



Навчальне видання

**Теорія механізмів і машин**  
**Завдання до курсового проекту**  
**та методичні вказівки до його виконання**  
для студентів машинобудівних спеціальностей

Російською мовою

Укладачі: **Ткачук** Микола Анатолійович  
**Зарубіна** Алла Олександрівна  
**Кротенко** Галина Анатоліївна  
**Зеленський** Володимир Борисович  
**Храмцова** Ірина Яківна

Відповідальний за випуск М. А. Ткачук  
До видання роботу рекомендував В. К. Бєлов

Редактор О. І. Шпильова  
Комп'ютерна верстка І. Я. Храмцова

План 2005 р., п. 83/

Підп. до друку                      Формат 60x84 1/16.      Папір друк. №2  
Друк – ризографія.      Гарнітура Times.      Ум. друк. арк. 1,8.  
Обл. – вид. арк 2,08      Наклад 150 прим.      Зам. №      Ціна договірна

---

Видавничий центр НТУ „ХПІ”, 61002 Харків, вул. Фрунзе, 21  
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК №116 від 10.07.2000 р.

---

Друкарня НТУ „ХПІ”, 61002 Харків, вул. Фрунзе, 21